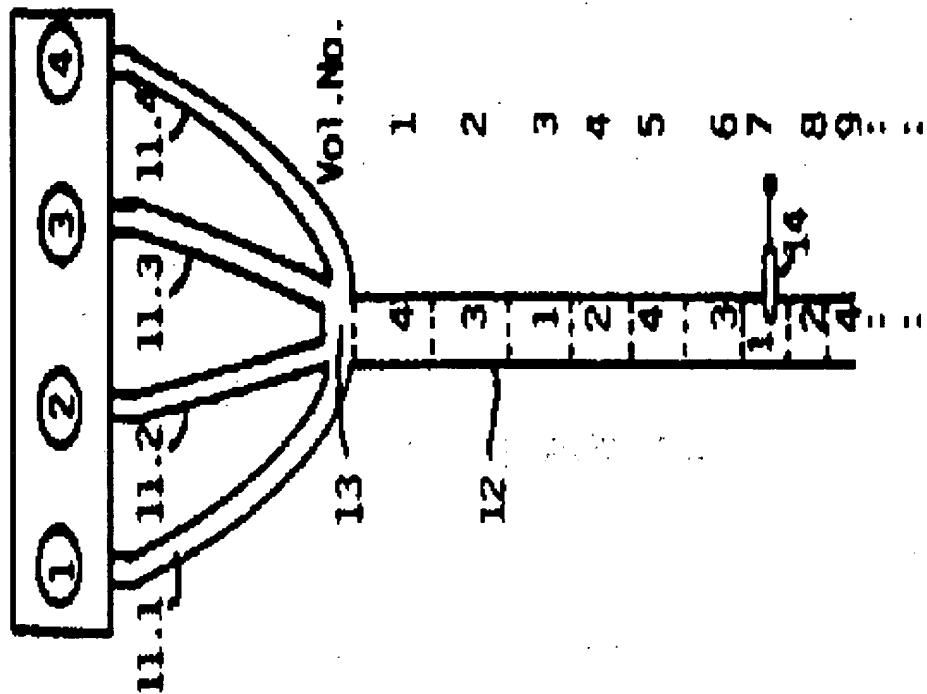


AN: PAT 1991-246399  
TI: Combustion error analysis for IC engine uses calculated combustion gas volumes to identify lambda probe values for each cylinder  
PN: **DE4003752-A**  
PD: 14.08.1991  
AB: The combustion error analysis is effected by calculating the volumetric quantity of the combustion exhaust gases obtained for each engine cylinder, each exhaust gas vol. (1..9) passed down the exhaust line (12) in succession, for detection by a lambda probe (14), the firing sequence of the cylinders used to identify which cylinder each detected gas vol. is supplied by. The output signal from the lambda probe is compared with different threshold values to indicate a combustion error in one of the engine cylinders.; For detection of leaking fuel injection valve.  
PA: (BOSC ) BOSCH GMBH ROBERT;  
IN: WILD E;  
FA: **DE4003752-A** 14.08.1991; EP466849-A 22.01.1992;  
JP04505490-W 24.09.1992; WO9112422-A 22.08.1991;  
CO: AT; BE; CH; DE; DK; EP; ES; FR; GB; GR; IT; JP; KR; LU; NL;  
SE; US; WO;  
DN: JP; KR; US;  
DR: DE; FR; GB; IT; AT; BE; CH; DK; ES; GR; LU; NL; SE;  
IC: F02D-041/14; F02D-041/22; F02N-007/08; F02N-009/00;  
MC: X22-A03A2;  
DC: Q52; Q54; X22;  
FN: 1991246399.gif  
PR: **DE4003752** 08.02.1990;  
FP: 14.08.1991  
UP: 24.09.1992

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

10



---

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

## DE 40 03 752 A 1

(51) Int. Cl. 5:

F 02 D 41/00

F 02 D 41/22

F 02 D 41/14

F 02 N 9/00

F 02 N 7/08

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Wild, Ernst, Dipl.-Ing., 7141 Oberriexingen, DE

DE 40 03 752 A 1

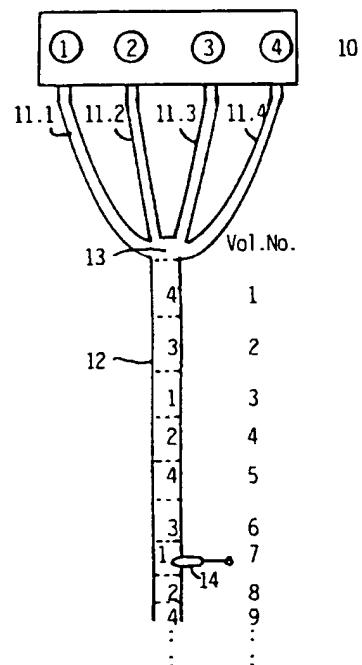
(54) Verfahren zum Zuordnen von Verbrennungsfehlern zu einem Zylinder einer Brennkraftmaschine

(57) Ein Verfahren zum Zuordnen von Verbrennungsfehlern zu einem Zylinder einer Brennkraftmaschine, die mindestens ein Abgasrohr zwischen einer Abgaskrümmer-Sammelstelle und einer Lambdasonde aufweist, zeichnet sich dadurch aus, daß

- a) für jeden Ausstoßtakt eines Zylinders das von Last und Drehzahl beim Ansaugvorgang abhängige Abgasvolumen bestimmt wird,
- b) dann, wenn ein Zylinder Abgas ausstößt, angenommen wird, daß das berechnete Abgasvolumen an der Sammelstelle vom zugehörigen Krümmer in das Abgasrohr eintritt,
- c) die im Abgasrohr an der Sammelstelle eingetretenen Volumina so lange aufsummiert werden, bis dasjenige Volumen erreicht oder gerade überschritten ist, das dem Abgasrohrvolumen zwischen der Sammelstelle und der Sonde entspricht,
- d) mit Hilfe der Zylinder zugeordneten Reihenfolge der in das Abgasrohr eingetretenen Abgasvolumina festgestellt wird, zu welchem Zylinder dasjenige Volumen gehört, für das die vorstehend genannte Summenbedingung gerade erfüllt ist,
- e) das von der Lambdasonde abgegebene Signal ausgewertet wird,
- f) und dann, wenn das Sondesignal eine Abweichung um mehr als einen Schwellenwert vom Lambdamittelwert zeigt, der diese Abweichung verursachende Fehler demjenigen Zylinder zugeordnet wird, dessen Abgas gemäß der Feststellung von Schritt d gerade an der Sonde vorbeikommt.

Dieses Verfahren kommt ohne speziellen Sensor aus. Dadurch, daß einzelne Abgasvolumina aufsummiert werden,

von denen jedes von Last und Drehzahl beim Ansaugvorgang ...



DE 40 03 752 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Zuordnen von Verbrennungsfehlern zu einem Zylinder einer Brennkraftmaschine. Derartige Verfahren sind von Interesse, weil sie es ermöglichen, gezielt die Kraftstoffzufuhr zu einem Zylinder zu unterbrechen, der fehlerhaft arbeitet. Dadurch wird vermieden, daß unverbranntes Gemisch ausgestoßen wird. Unverbranntes Gemisch verbrennt im Katalysator, der heutzutage üblicherweise zu einer Brennkraftmaschine gehört. Solches Nachverbrennen führt leicht zum Zerstören des Katalysators durch Überhitzung. In Einzelfällen kommt es auch zu Fahrzeugbränden. Verbrennungsfehler sind insbesondere Verbrennungsaussetzer. Hier werden darunter aber auch Fehler verstanden, gemäß denen schlechte Verbrennungsqualität durch fehlerhafte Kraftstoffzumessung hervorgerufen ist, insbesondere durch ein leckes Einspritzventil.

## Stand der Technik

Sehr sicher lassen sich Verbrennungsfehler erkennen, wenn unmittelbar der Verbrennungsvorgang in jedem Zylinder mit Hilfe eines Sensors, z. B. eines Licht- oder eines Drucksensors, überwacht wird. Derartige Sensoren sind jedoch sehr teuer, was nachteilig für den praktischen Einsatz der zugehörigen Verfahren ist. Ein ähnlicher Nachteil gilt für Verfahren, die versuchen, Zündaussetzer zu erkennen. Auch hierzu sind spezielle induktiv arbeitende Sensoren erforderlich, die ermitteln, ob ein Zündstrom in einem jeweiligen Zündkabel fließt. Zusätzlich von Nachteil ist bei derartigen Verfahren, daß sie Verbrennungsaussetzer nicht zu erkennen vermögen, die auf einem anderen Fehler als einem Zündfehler beruhen.

Weniger kostenaufwendig sind Verfahren, die mit einfacheren Sensoren auskommen und noch dazuhin mit jeweils nur einem Sensor für jedes Abgasrohr, in dem das Abgas von mehreren Abgaskrümmern gesammelt wird. Es handelt sich um Verfahren, die Temperatur- oder Druckschwankungen ermitteln. Diese Verfahren arbeiten schon in der reinen Aussetzererkennung nicht allzu zuverlässig. Noch unzuverlässiger sind Auswertungsergebnisse, wenn es darum geht, Verbrennungsaussetzer einem Zylinder konkret zuzuordnen.

Es besteht seit langem das Problem, ein Verfahren zum Zuordnen von Verbrennungsaussetzern für einen Zylinder einer Brennkraftmaschine anzugeben, das zuverlässig arbeitet und das ohne speziell für das Verfahren erforderliche Sensoren auskommt.

## Darstellung der Erfindung

Das erfundungsgemäße Verfahren zum Zuordnen von Verbrennungsfehlern zu einem Zylinder ist bei Brennkraftmaschinen anwendbar, die mindestens ein Abgasrohr zwischen einer Abgaskrümmer-Sammelstelle und einer Lambdasonde aufweisen. Es zeichnet sich dadurch aus, daß

- a) für jeden Ausstoßtakt eines Zylinders das von Last und Drehzahl beim Ansaugvorgang abhängige Abgasvolumen bestimmt wird,
- b) dann, wenn ein Zylinder Abgas ausstößt, angenommen wird, daß das berechnete Abgasvolumen an der Sammelstelle vom zugehörigen Krümmer in das Abgasrohr eintritt,
- c) die im Abgasrohr an der Sammelstelle eingetre-

tenen Volumina so lange aufsummiert werden, bis dasjenige Volumen erreicht oder gerade überschritten ist, das dem Abgasrohrvolumen zwischen der Sammelstelle und der Sonde entspricht,

- d) mit Hilfe der Zylinder zugeordneten Reihenfolge der in das Abgasrohr eingetretenen Abgasvolumina festgestellt wird, zu welchem Zylinder dasjenige Volumen gehört, für das die vorstehend genannte Summenbedingung gerade erfüllt ist,
- e) das von der Lambdasonde abgegebene Signal ausgewertet wird,
- f) und dann, wenn das Sondesignal eine Abweichung um mehr als einen Schwellenwert vom Lambdamittelwert anzeigt, der diese Abweichung verursachende Fehler demjenigen Zylinder zugeordnet wird, dessen Abgas gemäß der Feststellung von Schritt d gerade an der Sonde vorbeiströmt.

Es wird darauf hingewiesen, daß die genannten Verfahrensschritte nicht notwendigerweise in der vorstehend gewählten Reihenfolge ausgeführt werden müssen.

So können insbesondere die Schritte c und d nur ausgeführt werden, wenn sich beim Auswerten des Signals von der Lambdasonde zeigt, daß eine stärkere Lambdaabweichung vorliegt. Um in diesem Fall Schritt c ausführen zu können, müssen aber die Volumenwerte von ins Abgasrohr eingetretenen Abgasmengen abgespeichert werden, damit sie zum Summieren zur Verfügung stehen. Es reicht hierbei aus, die Werte immer für so viele Volumina zu speichern, wie maximal, nämlich bei niedrigster Abgastemperatur, im Abgasrohrvolumen zwischen Sammelstelle und Lambdasonde Platz finden.

Vorteilhafterweise erfolgt das Bestimmen des Abgasvolumens gemäß Schritt a mit Hilfe einer Tabelle, da diese Vorgehensweise schneller ist, als wenn das Volumen mit Hilfe eines arithmetischen Zusammenhangs zwischen jeweiliger Last und Drehzahl beim Ansaugvorgang berechnet wird.

Es existiert eine ganze Anzahl von Motortypen, die mehrere Abgasrohre, insbesondere zwei, zwischen jeweils einer Sammelstelle und einer Lambdasonde aufweisen. Typischerweise ist dies bei Sechs-Zylinder-Motoren mit zwei Zylinderbänken der Fall. Die Krümmer von den jeweils drei Zylindern einer Bank münden in jeweils einer Sammelstelle in ein Abgasrohr (Hosenrohr). Die beiden Abgasrohre werden dann zu einem gemeinsamen Hauptabgasrohr zusammengeführt. Kurz vor dem Einmünden jedes Abgasrohrs ins Hauptabgasrohr sitzt jeweils eine Lambdasonde. Bei derartigen Brennkraftmaschinen mit mehreren Abgasrohren zwischen jeweils einer Sammelstelle und jeweils einer Lambdasonde für jedes der Abgasrohre ist es von Vorteil, das erfundungsgemäße Verfahren für jedes Abgasrohr gesondert auszuführen.

Dadurch, daß das erfundungsgemäße Verfahren mit dem Signal der Lambdasonde arbeitet, kann es nicht nur Verbrennungsaussetzer einem Zylinder zuordnen, sondern auch weitere Fehler der eingangs erläuterten Art.

## Zeichnung

Fig. 1 schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit vier Auslaßkrümmern und einem Abgasrohr, in das Abgasvolumina eingezeichnet sind;

Fig. 2 Tabelle zum Veranschaulichen der Zusammenhänge zwischen der fortlaufenden Nummer eines Abgasvolumens im Abgasrohr, der zugehörigen Zylindernummer, dem zugehörigen Volumen und der zugehöri-

gen Summe von Volumina; und

**Fig. 3** schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit zwei Abgasrohren zwischen jeweils einer Abgaskrümmer-Sammelstelle und einer Lambdasonde.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

In **Fig. 1** ist eine Brennkraftmaschine 10 lediglich als rechteckiger Block dargestellt, der vier Zylinder 1–4 aufweist, die jeweils durch einen Kreis symbolisiert sind. Von jedem Zylinder führt ein Abgaskrümmer 11.1–11.4 zu einem Abgasrohr 12. Die Mündungsstelle der Abgaskrämmere 11.1–11.4 ins Abgasrohr 12 wird im folgenden als Sammelstelle 13 bezeichnet. Stromab von der Sammelstelle 13 ragt eine Lambdasonde 14 in das Abgasrohr 12. Für das Folgende ist der Abschnitt des Abgasrohrs zwischen Sammelstelle 13 und Lambdasonde 14 von Bedeutung.

Es sei angenommen, daß in der Brennkraftmaschine 10 der Zylinder 1 in solcher Weise fehlerhaft arbeitet, daß er Verbrennungsaussetzer aufweist. Das von ihm ausgestoßene Abgasvolumen enthält dann einen höheren Sauerstoffanteil als diejenigen Abgasvolumina, die von den anderen Zylindern ausgestoßen werden. Der hohe Sauerstoff führt an der Lambdasonde 14 zu einem Spannungsabfall, der einen Schwellenwert gegenüber dem Lambdaspaltungsmittelwert unterschreitet. Wünschenswert ist es, feststellen zu können, zu welchem Zylinder dasjenige Abgasvolumen gehört, das an der Lambdasonde 14 einen Spannungseinbruch hervorruft. Wie dies festgestellt werden kann, wird nun näher erläutert.

Mit jedem Ausstoßtakt eines Zylinders tritt ein bestimmtes Abgasvolumen in den zugehörigen Abgaskrämmerein. Wenn im gesamten Abgassystem derselbe Druck herrscht, was für das Folgende durchweg angenommen wird, tritt genau dasselbe Volumen an der Sammelstelle 13 in das Abgasrohr 12 ein, das von einem Zylinder jeweils ausgestoßen wird, und zwar unabhängig davon, wie lange ein jeweiliger der Abgaskrämmere 11.1–11.4 ist. Durch das Abgasrohr strömen somit aufeinanderfolgende Abgasvolumina von den einzelnen Zylindern. Die zylinderzugeordnete Folge der Volumina entspricht genau der Zündfolge der Zylinder. Beim Ausführungsbeispiel handelt es sich um einen Motor mit der Zündfolge 1-3-4-2. In dieser Reihenfolge strömen die einzelnen Volumina an der Lambdasonde 14 vorüber.

Der Volumenwert eines jeden Abgasvolumens oder Abgaspakete von einem Zylinder hängt von der angesaugten Luftmasse und der Abgastemperatur ab. Die angesaugte Luftmasse ist bei Brennkraftmaschinen, die eine Lambdasonde aufweisen, bekannt, da es sich um diejenige Größe handelt, zu der Kraftstoff gerade in solcher Menge zugemessen werden muß, daß sich ein gewünschter Lambdawert einstellt. Die Abgastemperatur wiederum kann aus Last und Drehzahl bestimmt werden, ebenfalls Größen, die bei Verfahren zur Lambdaregelung zur Verfügung stehen. Beim Ausführungsbeispiel wurden die Volumenwerte für einzelne Abgaspakete für stationäre Betriebszustände abhängig von Drehzahl und Last bestimmt und in eine Tabelle eingeschrieben. Aus dieser Tabelle wurden bei Ausführung des hier beschriebenen Verfahrens Volumenwerte, wiederum abhängig von Drehzahl und Last, ausgelesen. Für das Ausführungsbeispiel ergab sich, daß zwischen der Sammelstelle 13 und der Abgassonde 14 maximal 12 Abgaspakete Platz finden, nämlich im Leerlauf, wo jedes Abgaspaket minimales Volumen aufweist. Bei Voll-

last finden nur etwa 5 bis 6 Abgaspakete Platz zwischen der Sammelstelle und der Sonde.

Die Tabelle gemäß **Fig. 2** enthält Daten zu insgesamt 12 Abgasvolumina oder Abgaspaketen. Dies, weil, wie soeben angemerkt, maximal 12 Pakete zwischen der Sammelstelle 13 und der Sonde 14 Platz finden. Bei dem durch **Fig. 1** veranschaulichten Betriebszustand, der der Tabelle gemäß **Fig. 2** zugrunde liegt, befinden sich jedoch nur 7 Pakete im Abgasrohr 12 zwischen der Sammelstelle und der Lambdasonde. An der Sonde selbst strömt gerade ein Abgasvolumen vom Zylinder 1 vorbei. Es ist dies die fortlaufende Volumennummer 7. In Richtung zur Sammelstelle 13 folgen die anderen Abgasvolumina entsprechend der Zündfolge 1-3-4-2. Soeben eingetreten ist in das Abgasrohr 12 ein Volumen, das demjenigen Volumen entspricht, das der Zylinder mit der Nummer 4 gerade ausgestoßen hat. Wie groß dieses Volumen ist, wird mit Hilfe der obengenannten Volumentabelle bestimmt, und zwar mit Hilfe von Werten von Last und Drehzahl, die für den zugehörigen Ansaugvorgang galten. In der Tabelle gemäß **Fig. 2** hat dieses Volumen den Wert 42. Dieses Volumen ist auf das Gesamtvolumen des Abgasrohrs 12 zwischen Sammelstelle 13 und Lambdasonde 14 normiert, welches Volumen seinerseits auf den Wert  $2^8 = 256$  gesetzt ist. Aus den Summen der Volumina, die in der Tabelle gemäß **Fig. 2** ganz rechts aufgelistet sind, ist erkennbar, daß für die ersten sechs Volumina die Volumensumme 256 noch nicht erreicht ist, jedoch diese Zahl unter Einschluß des siebten Volumens gerade überschritten ist. Die Summe unter Einschluß des siebten Volumens ist nämlich 270. Diese setzt sich aus den Volumina 42, 41, 40, 39, 36, 36 zusammen. Der Motor lief also zunächst in einem stationären Zustand (Volumina 36), woraufhin die Last erhöht wurde (zunehmende Volumina 39, 40, 41, 42).

Um mit dem vorstehend beschriebenen Verfahren Verbrennungsaussetzer konkret einem Zylinder zuordnen zu können, muß dauernd aus Last und Drehzahl bestimmt werden, welches Abgasvolumen ein jeweiliger Zylinder ausstoßen wird. Die einzelnen Volumenwerte müssen für mindestens so viele Zylinder dauernd abgespeichert werden, daß auch bei niederer Drehzahl und Last so viele Werte zur Verfügung stehen, daß sie zusammen mindestens dasjenige Volumen des Abgasrohrs 12 ergeben, das zwischen der Sammelstelle 13 und der Sonde 14 liegt. Das Aufsummieren der Volumina kann laufend erfolgen oder auch erst dann, wenn die Lambdasonde 14 aufgrund eines hohen Sauerstoffanteils im Abgas einen Aussetzer anzeigt. Es strömt dann gerade Abgas von demjenigen Zylinder an der Lambdasonde 14 vorbei, der die Summe der Volumina auf einen Wert auffüllt, der dem Volumen des Abgasrohrs 12 zwischen der Sammelstelle 13 und der Sonde 14 entspricht.

Wie weiter oben angegeben, werden die Abgasvolumina für jeden einzelnen Zylinder aus einer Tabelle bestimmt, die aufgrund von Messungen bei stationärem Betrieb einer Brennkraftmaschine gewonnen wurden. Nun ist es jedoch so, daß bei plötzlicher Lasterhöhung das aus einem Zylinder ausgestoßene Abgas im Abgasrohr 12 etwas stärker abkühlen wird, als dies im stationären Fall bei höherer Last der Fall ist. Umgekehrt wird bei plötzlicher Lasterniedrigung das ausgestoßene Abgas noch etwas weiter erwärmt, da das Abgassystem vom zuvor erfolgten Betrieb unter höherer Last noch stark erwärmt ist. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß die dadurch bedingten Volumenänderungen bei üblichen Brennkraftmaschinen keine erheblichen Fehler

bringen. Hierbei ist insbesondere zu beachten, daß bei allen Arten von Verfahren zum Zuordnen von Verbrennungsaussetzern nicht ein einzelnes Meßergebnis als ausreichend angesehen wird, um die Zuordnung vorzunehmen, sondern die Meßergebnisse werden auf irgend eine Art gemittelt, z. B. dadurch, daß festgestellt wird, wie oft innerhalb einer vorgegebenen Anzahl von Zündungen ein Zündaussetzer für einen bestimmten Zylinder erkannt wird. Dadurch wirken sich einzelne Meßfehler nicht aus.

Fig. 3 zeigt schematisch eine Brennkraftmaschine mit zwei Zylinderblöcken 10.1 und 10.2 und zwei jeweils zugehörigen Abgasrohren 12.1 und 12.2, die an einer jeweiligen von zwei Sammelstellen 13.1 bzw. 13.2 beginnen und die gemeinsam in ein Hauptabgasrohr 15 münden. Kurz vor der Mündungsstelle ist in jedes der beiden Abgasrohre 12.1 und 12.2 jeweils eine Lambdasonde 14.1 bzw. 14.2 eingesetzt. Für jedes der beiden Abgasrohre 12.1 und 12.2 wird gesondert ein Verfahren durchgeführt, wie es anhand der Fig. 1 und 2 für das Abgasrohr 12 zwischen der Sammelstelle 13 und der Lambdasonde 14 erläutert wurde.

Das beschriebene Verfahren erlaubt ein sicheres Zuordnen von Verbrennungsaussetzern zu einem Zylinder, ohne daß ein besonderer Sensor erforderlich wäre. Da durch, daß einzelne Volumina aufsummiert werden, die jeweils abhängig von Last und Drehzahl beim Ansaugvorgang bestimmt werden, liefert das Verfahren auch bei Instationärübergängen zuverlässige Aussagen.

Die Ausführungsbeispiele betreffen das Zuordnen von Verbrennungsaussetzern zu einem Zylinder. Liegt als Verbrennungsfehler kein Aussetzer, sondern überfettetes Gemisch aufgrund eines leckenden Einspritzventils vor, stellt die Lambdasonde Spannungsabweichungen fest, die um einen Schwellenwert über statt unter dem Lambdaspannungsmittelwert (hohe Spannung = niedriger Lambdawert = fett) liegen. Die Zuordnung dieser Abweichung zu einem Zylinder erfolgt in der vorstehend beschriebenen Weise.

40

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Zuordnen von Verbrennungsfehlern zu einem Zylinder einer Brennkraftmaschine, die mindestens ein Abgasrohr zwischen einer Abgaskrümmer-Sammelstelle und einer Lambdasonde aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) für jeden Ausstoßtakt eines Zylinders das von Last und Drehzahl beim Ansaugvorgang abhängige Abgasvolumen bestimmt wird,
- b) dann, wenn ein Zylinder Abgas ausstößt, angenommen wird, daß das berechnete Abgasvolumen an der Sammelstelle vom zugehörigen Krümmer in das Abgasrohr eintritt,
- c) die im Abgasrohr an der Sammelstelle eingetretenen Volumina so lange aufsummiert werden, bis dasjenige Volumen erreicht oder gerade überschritten ist, das dem Abgasrohrvolumen zwischen der Sammelstelle und der Sonde entspricht,
- d) mit Hilfe der Zylinder zugeordneten Reihenfolge der in das Abgasrohr eingetretenen Abgasvolumina festgestellt wird, zu welchem Zylinder dasjenige Volumen gehört, für das die vorstehend genannte Summenbedingung gerade erfüllt ist,
- e) das von der Lambdasonde abgegebene Signal ausgewertet wird,

60

65

f) und dann, wenn das Abidensignal eine Abweichung um mehr als einen Schwellenwert vom Lambdamittelwert zeigt, der diese Abweichung verursachende Fehler demjenigen Zylinder zugeordnet wird, dessen Abgas gemäß der Feststellung von Schritt d gerade an der Sonde vorbeiströmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Bestimmen des Abgasvolumens gemäß Schritt a mit Hilfe einer Tabelle erfolgt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß es bei einer Brennkraftmaschine mit mehreren Abgasrohren zwischen jeweils einer Sammelstelle und jeweils einer Lambdasonde für jedes der Abgasrohre gesondert ausgeführt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

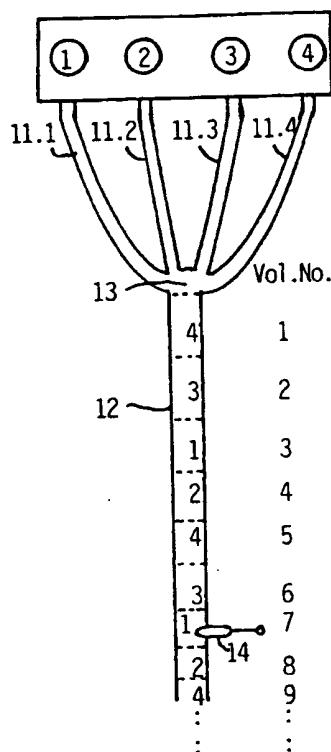


Fig. 1

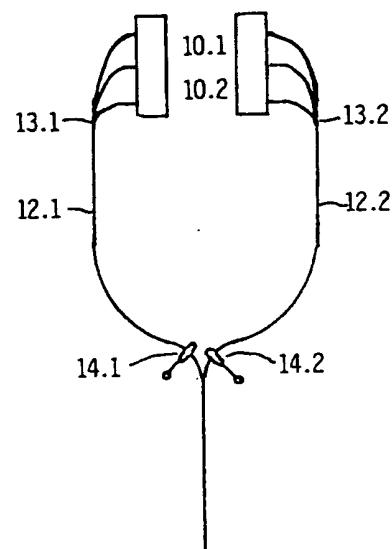


Fig. 3

Volumen Nummer	Zylinder Nummer	Volumen- wert ( $\alpha, n$ )	Summe der Volumina
1	4	42	42
3	3	41	83
3	1	40	123
4	2	39	162
5	4	36	198
6	3	36	234
7	1	36	270
8	2	:	:
9	4	:	
10	3		
11	1		
12	2		

Fig. 2